پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی
علمی– پژوهشی
سال یازدهم، شماره‌ی۲۱، نیمه‌ی اول ۱۳۹۸

پیش بینی سیگنال معاملات سهام با استفاده از شبکه های پتری رنگی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: بازار بورس تهران)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۵

علی قربانی*
محمود یحیی زاده فر**
سید علی نبوی چاشمی***

doi: 10.22080/jem.2020.17593.3034

چکیده :
اتخاد تصمیم در خصوص زمان خرید یا فروش سهام مساله ای چالش برانگیز برای سرمایه گذاران جهت افزایش سود و کاهش زیان در بازار سهام است. پیش بینی روند حرکت قیمت سهام و کشف نقاط تغییر جهت روند با استفاده از تحلیل تکنیکی، بدلیل کاهش تکرر تغییرات داده ها در کوتاه مدت، معمولا روشی است که نزد تحلیلگران نسبت به روشهای پیش بینی قیمت با تکیه بر تحلیل بنیادین، ارجحیت دارد. در این مقاله یک روش ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و شبکه های پتری رنگی برای مدلسازی شبیه سازی و پیش بینی سیگنال خرید/فروش معاملات سهام ارائه می شود. قوانین معاملات سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس بیشینه کردن میزان سوددهی تعیین می شود که روی داده های ۱۶۲ شرکت پذیرفته شده در بازار بورس تهران در بازه زمانی ۱ فروردین ۱۳۹۵ تا ۱ فروردین ۱۳۹۷ اعمال می شود. نتایج ارزیابی ها حاکی از برتری روش ترکیبی ژنتیک-شبکه پتری رنگی در تولید سیگنال درست در مقایسه با روشهای شبکه های عصبی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی است.

واژگان کلیدی: پیش بینی سیگنال معاملات سهام، الگوریتم ژنتیک، شبکه های پتری رنگی

* دانشجوی دکتری گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل، بابل، ایران ghorbani_letter@yahoo.com
** نویسنده مسئول، استاد گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران m.yahyazadeh@umz.ac.ir
*** دانشیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل، بابل، ایران anabavichashmi2003@gmail.com

۱- مقدمه

سرمایه گذاری در بازار سهام یکی از انتخاب‌های سرمایه گذاران جهت کسب سود است. لذا سرمایه گذاران پیوسته در صدد رصد عوامل و تحلیل موقعیت های افزایش سود و کاهش زیان هستند. دو رویکرد اساسی در این زمینه عبارتند از: پیش بینی قیمت سهام با تحلیل بنیادین و پیش بینی روند سهام با تحلیل فنی (چنگ و فن و لیو[۱]، ۲۰۰۸). تحلیل بنیادین تغییرات نقطه اوج یا افت محدوده بهای سهام را شناسایی می کند. سری زمانی مالی شامل توالی نقاط بیشینه و کمینه محلی است. این نقاط حاوی اطلاعات سودمندی در تحلیل مالی می باشند که بر مبنای اطلاعات قیمت است. ارزیابی داده های سری زمانی مالی متضمن جستجوی نقاط اوج یا افت روندها، الگوها و سایر عوامل مؤثر بر تغییرات قیمت سهام می باشد. بنابراین اتخاذ تصمیمات خرید- فروش بر اساس این عوامل کاری دشوار و چالش برانگیز است. چرا که تغییرات قیمت در کوتاه مدت با توجه به تعدد ویژگی های موثر در معاملات سهام، ناپایدار و ابهام برانگیز است. در حالیکه در تحلیل فنی، نقاط تغییر جهت روند سهام عموما دارای دوره های طولانی تری هستند و از این رو تعدد ویژگی‌های داده ها نسبتا کاهش می یابد. بنابراین پیش بینی نقاط معامله عموما در مقایسه با پیش بینی قیمت، امید بخش است (چنگ و فن و لیو، ۲۰۰۸، چنگ و همکاران[۲]، ۲۰۱۱، ابو مصطفی و آتیا[۳]، ۱۹۹۶). بسیاری از محققان در زمینه سرمایه گذاری و امور مالی از فناوری های هوش مصنوعی نظیر تکنیک های داده کاوی (لو و لانگ و گو[۴]، ۲۰۱۸، چن و هائو[۵]، ۲۰۱۸، تا و لیو و ادیس[۶]، ۲۰۱۸، هوانگ و همکاران[۷]، ۲۰۱۸، نیک و موهان[۸]، ۲۰۱۹) و الگوریتم های فرا ابتکاری (خان و

---

[1] Chang, Fan & Liu
[2] Chang et al
[3] Abu-Mostafa & Atiya
[4] Lu, Long & Guo
[5] Chen & Hao
[6] Ta, Liu & Addis
[7] Huang et al
[8] Naik, & Mohan

همکاران[1]، ۲۰۱۷، مابو و همکاران[2]، ۲۰۱۳) در پیش بینی بازار سهام استفاده کرده اند. در روش‌های مبتنی بر داده کاوی، وابستگی بالایی میان داده های ورودی و نتایج وجود دارد که در صورت ورود داده های دارای خطا یا نامعتبر، این امر سبب بروز خطا در نتایج می شود. از سوی دیگر روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های فرا ابتکاری، بر اساس داده‌های تصادفی عمل می‌کنند که به همین جهت احتمال قرار گرفتن جواب در دام بهینه محلی وجود دارد و عموما رسیدن به جواب بهینه سراسری را تضمین نمی‌کنند. اما در حل مسائلی که الگوریتم های قطعی به ازای ورودی های بزرگ، دارای پیچیدگی زمانی بالایی برای حل آن‌هاست، بسیار کارآمد هستند و جواب‌های نزدیک به حالت بهینه در زمان معقول و منطقی تولید می کنند (فستا[3]، ۲۰۱۴). این در حالی است که هر دو رده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، نیازمند سطح بالایی از تعامل با خبره انسانی هستند و از حیث جهت انجام محاسبات انسانی بسیار هزینه بر هستند. یکی از تکنیک های مدل سازی و شبیه سازی رسمی که در دهه های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، شبکه‌های پتری رنگی است که رفتارهای پویای سیستم‌ها و ویژگی هایی نظیر تقارن، همروندی، همزمانی ، عملیات توزیعی، تداخل تصمیم گیری و عدم قطعیت را مدل می کند (پترسون[4]، ۱۹۸۱). شبکه پتری رنگی با بهره مندی از منطق ریاضی و امکان تعریف متغیرها و توابع محاسباتی و پشتیبانی از زبان برنامه نویسی مارک آپ ، بخشی از نیاز به تعامل گسترده با خبره انسانی را مرتفع می سازد (جنسن[5]، ۲۰۱۳، موتمنی و فرزای، ۲۰۱۷). لذا در این مقاله با ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه های پتری رنگی روشی برای پیش بینی سیگنال سهام بر اساس تحلیل تکنیکی مقادیر ویژگی‌های موثر در تغییرات روند ارائه می شود که در مقایسه با روش‌های صرفا مبتنی بر تکنیک-های هوش مصنوعی، مدیریت حجم زیاد مقادیر ورودی و زمان پردازش داده ها را با

[1] Khan et al
[2] Mabu et al
[3] Festa
[4] Peterson
[5] Jensen

دقت مناسبی تسهیل و تعدیل می کند و با امکان تعریف توابع ریاضی در شبکه های پتری، سطح تعامل با خبره انسانی را کاهش می دهد که کاهش لزوم تعامل با خبره انسانی، علاوه بر کاهش هزینه خبره، میزان خطای انسانی در محاسبه، تحلیل و تفسیر قوانین معاملات و نیز سیگنال‌های خروجی کاهش می‌یابد. با استفاده از سیگنالهای معاملات که مدل بر اساس داده های بازار سهام تولید می کند، می توان قواعد معاملات را به منظور کمک به سرمایه گذاران استخراج نمود. لذا اهداف مقاله حاضر بدین شرح است: تعیین ویژگی های فنی سهام و مقادیر مربوطه در تغییرات روند؛ کدبندی مساله با الگوریتم ژنتیک جهت استخراج قوانین معاملات؛ طراحی مدل شبکه پتری رنگی برای محاسبه برازش جمعیت و تحلیل خروجی های الگوریتم ژنتیک؛ ارزیابی دقت نتایج حاصل از مدل پیشنهادی مقاله حاضر و مقایسه با روشهای دیگر.

۲- پیشینه پژوهش

شبکه های پتری ابزار رسمی مدلسازی و شبیه سازی قدرتمندی است که اخیرا در تحقیقات پیرامون پیش بینی سیگنال معاملات سهام به کار گرفته شده است. سولتی و وانا و مندلینگ[1] (۲۰۱۵) مدلی بر اساس شبکه پتری سری زمانی ارائه دادند که شبکه پتری را از منظر جریان های کنترلی با پیش بینی های سری های زمانی ترکیب می کند. نتایج تحقیق بیانگر ارتقاء قدرت محاسباتی شبکه های پتری با تکیه بر توان پیش بینی سری های زمانی است. هر چند تحقیق مزبور از قابلیت حمل مقادیر ویژگی‌ها بوسیله‌ی مهره‌ها بهره نبرده است. شن و همکاران[2] (۲۰۱۸) مدلی مبتنی بر ماشین بردار رگرسیون پشتیبان جهت پیش بینی قیمت سهام در تایوان ارائه دادند. در این مدل ابتدا روند معاملات بطور تقریبی روی داده هایی که روزانه جمع آوری شده بودند، شبیه سازی شد. سپس شاخص های فنی با استفاده از مدل آموزشی تحلیل شد تا الگوهای محتمل استخراج شده و پیش بینی بر اساس این الگوها انجام شود. در پایان

[1] Rogge-Solti, Vana & Mendling
[2] Shen et al

رفتار تجاری سیستم سرمایه گذاری مالی با استفاده از شبکه پتری فازی سطح بالا مدل شد تا دقت تصمیم گیری در مقایسه با سایر روشها افزایش یابد. در این روش علیرغم بهبود دقت نتایج، به نظر می‌رسد فازی‌سازی و دی‌فازی‌سازی بار محاسباتی مضاعفی به سیستم تحمیل می‌کند. فت و همکاران[1] (۲۰۱۶) مدلی ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و شبکه پتری زمانی ارتقاء یافته فازی بمنظور توصیف رفتار و واکنش‌هایی که بازار را تحت تاثیر قرار می دهد، ارائه دادند. قوانین خبره بر اساس الگوریتم ژنتیک تنظیم شده و داده های گذشته جهت ارتقاء قوانین فازی به کار گرفته شد. نتایج حاصل از مدل قرابت بیشتری با آمارهای واقعی در مقایسه با پیش بینی های روزانه داشته است. این تحقیق در نوع خود نزدیک ترین تحقیق به مقاله حاضر است. اما در آن، قواعد معاملات بر اساس اهمیت وزن‌دهی نشده و تاثیر تمام شاخص‌ها یکسان فرض شده است. همچنین بدلیل عدم به کارگیری مجموعه ویژگی‌های هر سهم در قالب مهره، مدل به لحاظ خوانایی کمی پیچیده است. شیح و شیح و لیو[2] (۲۰۱۶) و شیح و همکاران[3] (۲۰۱۶) به ترتیب مدل شبکه پتری رنگی و شبکه پتری راف جهت کشف ارتباط بین انواع شاخص های فنی ارائه دادند. این دو تحقیق قوانین معاملات را از داده های گذشته استخراج نموده و در مدل وارد کرده اند. نتایج بیانگر بازگشت قابل قبول سرمایه با پیش بینی های انجام شده است. در هر دو تحقیق مذکور، از ویژگی رنگ در تعیین شرایط سهام بهره گرفته شده است. هر چند جای خالی استفاده از الگوهای پیشین بازار در تعیین قوانین معاملات، کاملا محسوس است.

در بسیاری از تحقیقات پیشین از الگوریتم ژنتیک بعنوان یک ابزار قدرتمند هوش مصنوعی جهت پیش بینی روند سهام به صورت محض و یا در ترکیب با روش-های دیگر استفاده شده است. اما در کلیه‌ی تحقیقات مبتنی بر الگوریتم ژنتیک که در ادامه آمده است، هیچ ابزار شبیه‌سازی رسمی که قادر باشد از قوانین مستخرج از

[1] Fat et al
[2] Shih et al
[3] Shih et al

الگوریتم ژنتیک به صورت خودکار در محاسبات خود بهره گیرد، و لزوم ارتباط با خبره انسانی را کاهش دهد، مشاهده نمی‌شود. خان و همکاران (۲۰۱۷) از الگوریتم ژنتیک برای بیشینه کردن سود در بازار سهام استفاده کردند. نتایج حاصل از بکارگیری رویکردهای معاملاتی بکار رفته در الگوریتم ژنتیک با کارایی رویکرد خرید-و-فروش داده های بازار سهام پاکستان مقایسه شد. رویکردهای معاملاتی ایجاد شده بوسیله الگوریتم ژنتیک، بر رویکردهای B&H در داده های منتخب برتری داشته است. مابو و همکاران (۲۰۱۳) برنامه شبکه ژنتیک بهمراه اجتماع قوانین جهت ساخت سیگنال معاملات سهام ارائه دادند که با توجه به تکرار حرکات صعودی و نزولی رویدادها در زمانبندی های خاص خرید/فروش عمل می کند. تعداد زیادی از قوانین خرید/فروش در بازه‌های آموزشی استخراج شد. سپس یک مکانیزم یکتا جهت دسته بندی برای تعیین زمان خرید/فروش سهام به طریق مناسب و بر اساس قوانین استخراج شده بکار گرفته شد. نتایج نشان داد که مدل معاملات مبتنی بر قانون، سود بیشتری در مقایسه با مدل معاملاتی مرسوم مبتنی بر نظر اشخاص ایجاد می کند. مراد زاده فرد، دارابی و شاهعلی زاده (۲۰۱۴) جهت پیش بینی قیمت سهام از ترکیب شبکه های عصبی-فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده کردند و مدل را با روشهای شبکه عصبی و مدل خطی ARIMA مقایسه کردند. نتایج نشان از برتری مدل ترکیبی نسبت به سایر مدلها داشت. شمس و عطایی (۲۰۱۶) با دو روش الگوریتم ترکیبی ژنتیک-شبکه عصبی و مدل تابع تفکیکی درجه دو تعدیل شده به شناسایی دستکاری قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج نشان داد که مدل ژنتیک-شبکه عصبی در شناسایی دستکاری قیمت سهام عملکرد بهتری از مدل تابع تفکیک درجه دو تعدیل شده داشته است. فلاح پور و گل ارضی و فتوره چیان (۲۰۱۳) یک مدل ترکیبی برای پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر پایهٔ الگوریتم ژنتیک ارائه داده اند نتایج نشان داد مدل ارائه شده در پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام در مقایسه با روش ماشین بردار پشتیبان ساده، از دقت بالاتری برخوردار است.

بحث و بررسی: پیش بینی روند سهام یکی از چالش‌های مهم در سرمایه‌گذاری بازار سهام است که در اثر تغییرات و تنوع شاخص‌ها و ویژگی‌های موثر و داده‌های ناپایدار امری پیچیده است. روش‌های موجود برای پیش بینی روند سهام عمدتا بر اساس تکنیک‌های هوش مصنوعی شامل تکنیک‌های داده‌کاوی و الگوریتم‌های فرا ابتکاری شکل گرفته اند. تکنیک های مبتنی بر داده¬کاوی به شدت متاثر از داده های ورودی بوده و در صورت وجود خطا یا داده نامعتبر در ورودی، جواب‌ها دچار خطا خواهند شد. تکنیک های مبتنی بر الگوریتم های فرا ابتکاری مبتنی بر داده های تصادفی هستند و در حجم زیاد داده‌ها که زمان پردازش بسیار بالایی طلب می کند، عمدتا جواب های بهین در زمان معقول تولید می کنند؛ ولی امکان افتادن در دام بهینه محلی دارند. در روش های مبتنی بر هر دو تکنیک هوش مصنوعی، نیاز به سطح بالایی از تعامل با خبره انسانی وجود دارد که علاوه بر هزینه بالا، احتمال خطای انسانی را نیز افزایش می‌دهد. لذا در تحقیق حاضر از روش رسمی شبکه های پتری رنگی در ترکیب با الگوریتم ژنتیک بهره می‌گیریم که از قابلیت الگوریتم ژنتیک برای مدیریت حجم زیاد داده ها و زمان پردازش استفاده کرده و قوانین معاملات را از داده های پیشین بازار در زمان معقول استخراج می‌کند و با استفاده از قابلیت تعریف توابع محاسبات ریاضی و پشتیبانی از زبان برنامه‌نویسی در شبکه‌های پتری، بخشی از محاسبات سیگنال را بصورت خودکار انجام داده و در نتیجه نیاز به تعامل زیاد با خبره انسانی و خطای محتمل انسانی را کاهش می‌دهد.

۳- چارچوب نظری

سیگنال معاملات سهام

در ادبیات مالی رو روش متداول برای پیش بینی رویدادهای مرتبط با سهام عبارتند از تحلیل بنیادین و تحلیل فنی یا تکنیکی. تحلیل بنیادین از شاخص های بنیادین شرکت نظیر سود هر سهم و قیمت سهم برای پیش بینی وضعیت قیمت سهم استفاده می کند.

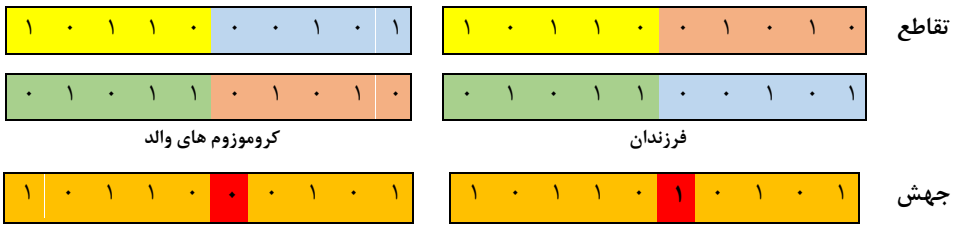
در تحلیل تکنیکی الگوهای پیشین قیمت سهام برای پیش بینی وضعیت آینده سهام بررسی می شوند (جوتیمانی و یاداو[1]، ۲۰۱۹). به عبارت دیگر تحلیل تکنیکی عبارت است از بررسی قیمت پیشین سهام به منظور پیش بینی روند قیمت سهام در آینده. در تحلیل تکنیکی فرض بر این است که برخی قوانین که در گذشته بصورت الگوهای معاملاتی در خصوص یک سهم اتفاق افتاده اند، در آینده نیز به تناوب تکرار خواهند شد یا به بیان دیگر تاریخ تکرار می شود. هدف از هر قانون تکنیکی ساختن یک سیگنال معاملاتی است. سیگنال معاملات سهام عمدتا بر نقاط تغییر روند معاملات سهام در داده های پیشین سهام تمرکز دارد. از این رو در زمانی که بازار گاوی مورد انتظار است، سیگنال خرید صادر شده و در زمان وقوع بازار خرسی، سیگنال فروش تولید می شود (چنگ و همکاران، ۲۰۱۱).

سیگنال معاملات سهام

الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم های فرا ابتکاری است که از طبیعت الهام گرفته و بر پایه فرضیه تکامل استوار است. بدین مفهوم که در شرایط سخت غالبا گونه های قویتر موجودات بقا می یابند و گونه های ضعیف تر به مرور زمان از بین می روند. قوی بودن و ضعیف بودن به معنای برازندگی و قابلیت تطابق با شرایط سخت است. لذا بهترین های هر نسل تولید مثل کرده و فرزندان آنها سبب بقا می شوند. ساز و کار الگوریتم ژنتیک مبتنی بر یک جمعیت اولیه تصادفی است که پاسخ بهینه نسبی در زمان معقول برای مسائلی که با ورودی های بزرگ دچار پیچیدگی زمانی بالا می شوند، تولید می کند. در این الگوریتم ابتدا یک جمعیت اولیه تصادفی شامل مجموعه ای از جوابهای کاندید (کروموزوم) برای حل مساله ایجاد می شود. هر کروموزوم متشکل از تعدادی ژن است که هر ژن نماینده یک ویژگی و مقدار هر ژن نماینده مقدار آن ویژگی است. مقدار سودمندی هر کروموزوم با استفاده از تابع برازش محاسبه می شود. سپس تعدادی از

[1] Jothimani & Yadav

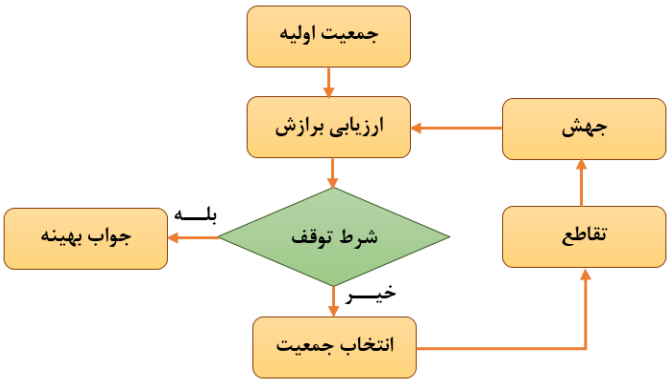
کروموزومهای دارای عدد برازش خوب برای تولید مثل انتخاب می شوند. انتخاب معمولا با استفاده از ساز و کاری انجام می شود که به بهترین کروموزوم شانس بیشتر و به بدترین کروموزوم شانس کمتری برای انتخاب شدن می دهد. این ساز و کار انتخاب بر مبنای شانس با استفاده از چرخ رولت انجام می شود. پس از انتخاب، طی فرآیند تقاطع هر دو کروموزوم، دو فرزند ایجاد می کنند. تعدادی از کروموزوم ها نیز برای جهش ژنی انتخاب می شوند تا از طریق این جهش ها شانس تولید تصادفی کروموزوم با عدد برازش بهتر ایجاد شود. فرآیند عملگرهای تقاطع و جهش را در شکل ۱ مشاهده می کنید.



شکل ۱: عملگرهای الگوریتم ژنتیک (هالند، ۱۹۷۵)

سپس از بین جمعیت اولیه و فرزندان و کروموزوم های جهش یافته مجددا تعدادی کروموزوم با شانس انتخاب اعداد برازش خوب، به تعداد جمعیت اولیه انتخاب می شوند و این فرآیند تکرار می شود تا زمانی که شرط توقف الگوریتم محقق شود. معمولا شرط توقف یکی از این حالات است: رسیدن به تعداد معینی از تکرارها تعیین شده توسط کاربر؛ رسیدن به یک عدد برازش تعیین شده توسط کاربر؛ و یا عدم تغییر محسوس عدد برازش در چند تکرار متوالی (هالند[1]، ۱۹۷۵). مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک را در شکل ۲ مشاهده می کنید.

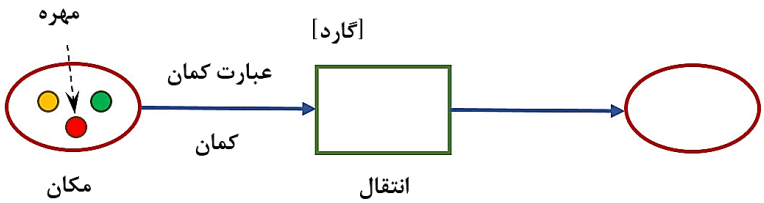
[1] Holland



شکل ۲: مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک (هالند ۱۹۷۵)

شبکه‌های پتری رنگی

شبکه های پتری رنگی بسط قدرتمندی از شبکه های پتری کلاسیک است که روابط ریاضی و زبان برنامه نویسی مارک آپ را پشتیبانی می کند. شبکه های پتری رنگی قادر به مدلسازی و شبیه سازی سیستم های مختلف دارای مفهوم زمان، سلسله مراتب و نوع داده ای هستند. مدل شبکه پتری رنگی از چهار عنصر اصلی تشکیل می شود: مکان[۱]، انتقال[۲]، کمان[۳] و مهره[۴] (شکل ۳).



شکل ۳: عناصر تشکیل دهنده شبکه پتری رنگی (جنسن ۲۰۱۳)

[1] Place
[2] Transition
[3] Arc
[4] Token

مکان ها نشان دهنده حالت سیستم هستند. رویدادها بوسیله انتقال نشان داده می شوند. وقتی یک انتقال اجرا یا به اصطلاح شلیک[1] می شود، حالت سیستم مطابق با عبارت کمان یا عبارت گارد[2] که روی انتقال تعریف می شود، تغییر می کند. داده های سیستم عموما با مهره نمایش داده می شوند. مهره ها در شبکه پتری رنگی می توانند به صورت استاندارد (عدد صحیح، دودویی، اعشاری، رشته و غیره) یا بصورت تعیین شده توسط کاربر در قالب مجموعه های رنگ[3] تعریف شوند. همچنین با تعریف مجموعه رنگهایی مانند record و product، یک مهره می تواند ویژگیهای مختلف مربوط به خود مانند نام شماره و غیره را با خود در مدل حمل کند.

تعریف رسمی شبکه های پتری رنگی، یک چندتایی بصورت عبارت (۱) است (جنسن ۲۰۱۳):

$$CPN = (\Sigma,P,T,A,N,C,G,E,I) \quad (۱)$$

که در آن: Σ مجموعه ای متناهی از نوع های داده ای (مجموعه رنگ) است؛ مجموعه ای متناهی از مکان ها است؛ T مجموعه ای متناهی از انتقال ها است؛ A مجموعه ای متناهی از کمان ها است: $P \cap T = P \cap A = T \cap A = \varnothing$؛ N تابع گره است که از A به $P \times T \cup T \times P$ تعریف می شود؛ C تابع رنگ است که از P به Σ تعریف می شود؛ G تابع گارد است که روی T تعریف می شود؛ E تابع عبارت کمان است که روی A تعریف می شود و I تابع آغازگر است. در تحقیق حاضر از مجموعه های چندگانه و مجموعه رنگ ضرب[4] برای تعریف ویژگی های داده های سهام روی مهره های شبکه پتری رنگی، بهره گرفته می شود.

---

[1] Fire
[2] Guard
[3] Color set
[4] Product

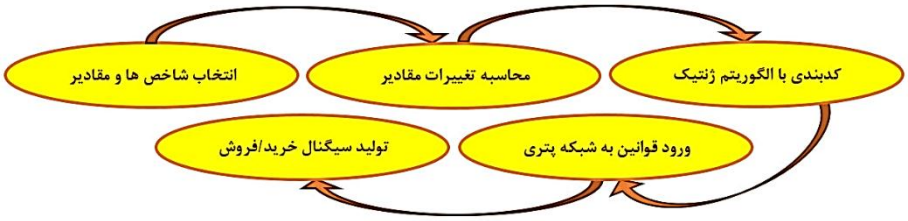
۴- پیش بینی سیگنال معاملات سهام

طرح انتزاعی

در این مقاله یک مدل رسمی مبتنی بر ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه های پتری رنگی جهت پیش بینی سیگنال معاملات سهام در بازار بورس تهران ارائه می شود. بدین منظور:

۱) ابتدا شاخص های مؤثر در معامله سهام بر اساس نظر خبره (قارویه آهنگر و همکاران، ۲۰۱۰) انتخاب می شود.
۲) سپس مقادیر شاخص های مورد نظر مربوط به هر سهم را در یک بازه زمانی پیوسته شامل دو دوره متناوب یک ساله بصورت هفتگی جمع آوری می شود.
۳) داده های جمع آوری شده جهت بررسی و تحلیل تغییرات مقادیر شاخص ها بین دوره های اول-دوم و دوم-سوم پالایش می‌شود.
۴) محاسبه تغییرات هر شاخص در هر دوره با تعریف توابع مورد نیاز در شبکه پتری رنگی انجام می شود.
۵) ارتباط بین تغییرات مقادیر شاخص ها و سود هر سهم شناسایی می‌شوند.
۶) شاخص های موثر به همراه تغییراتی که سبب بیشینه شدن سود هر سهم می گردد، مشخص گردد (برای حل این مساله بهینه سازی از الگوریتم ژنتیک استفاده می شود)
۷) پاسخ های بهینه تولید شده توسط الگوریتم ژنتیک در قالب قوانین معاملاتی موفق به شبکه پتری رنگی وارد می شود.
۸) مدل شبکه پتری بر اساس ورودی های آزمایشی، و قوانین استخراج شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سیگنال خرید/ فروش تولید می کند

فرآیند کلی روش پیشنهادی را در شکل ۴ مشاهده می کنید.



شکل ۴: فرآیند کلی روش پیشنهادی

مجموعه داده‌ها و شاخص‌ها

در مطالعات مبتنی بر پیش بینی وضعیت سهام، دو رویکرد عمده مشاهده می شود: روشهای مبتنی بر شاخص های بنیادین که عموما بر پیش بینی قیمت سهام متمرکز هستند؛ و روشهای مبتنی بر شاخص های فنی که با هدف پیش بینی روند قیمت سهام با استفاده از الگوهای معاملات در داده های پیشین انجام می شوند. در مقاله حاضر ۱۰ شاخص مالی و ۴ شاخص اقتصاد کلان بر اساس نظر خبره (قارویه آهنگر و همکاران، ۲۰۱۰) انتخاب شده اند. سپس تغییرات مقادیر این شاخص ها که بصورت هفتگی از داده های بازار سهام جمع آوری شده اند، در دو سال پیوسته و متناوب محاسبه می شوند تا قوانین معاملات بدست آید. شاخص های منتخب در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر شاخص های جدول ۱ بصورت هفتگی از ۱۶۲ شرکت پذیرفته شده در بازار بورس تهران در بازه فروردین ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۳۹۷ جمع آوری شده اند. میانگین تغییرات هر شاخص در دو دوره محاسبه می شود: از ۵ فروردین ۱۳۹۵ تا ۱ فروردین ۱۳۹۶ بعنوان $\Delta 1( )$ و از ۵ فروردین ۱۳۹۶ تا ۱ فروردین ۱۳۹۷ بعنوان $\Delta 2( )$. سپس در هر سطر داده و به ازای هر شاخص، یک کد دودویی[1] تعریف می شود که نشان دهنده علامت دلتا است: ۱ برای دلتا مثبت و ۰ برای دلتا منفی. اگر مقدار دلتا مربوط به یک شاخص در تمام سطرهای داده، دارای علامت یکسانی باشد، از آن ویژگی بدلیل ایجاد تاثیر یکسان بر روی تمام داده ها، صرف نظر می شود. فرآیند محاسبه مقادیر دلتا

[1] Binary

برای هر سطر از داده ها در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر دلتا به منظور کشف قوانین معاملاتی مؤثر در وضعیت سهم و تشخیص شاخص های مؤثر در سود هر سهم، با استفاده از الگوریتم ژنتیک کدبندی و بهینه سازی می شوند.

جدول ۱: شاخص های منتخب

شاخص های مالی	شاخص های اقتصاد کلان
اندازه شرکت (Size of firm)	نرخ تورم (Inflation rate)
نسبت بدهی کل به حقوق صاحبان سهام (Debt/equity)	نرخ ارز (Exchange rate)
بازده دارایی (RoA)	عرضه پول (Money supply)
بازده حقوق صاحبان سهام (RoE)	نرخ رشد تولید صنعتی
تغییرات فروش (Sales changes)	(Growth rate of industrial
سود عملیاتی (Operating income/Total sales)	production)
نسبت قیمت به درآمد (P/E)	
حجم میانگین معاملات روزانه نسبت به میانگین سرمایه گذاری سالانه بازار (Daily trading/Market capitalization)	
عامل ریسک بتا (Beta)	
سود هر سهم (EPS)	

جدول ۲: محاسبه مقادیر دلتا

Δ (Size)	**Δ (RoA)**	**...**	**Δ (EPS)**
Δ1 (Size) = Size(96) – Size(95)	**Δ1 (RoA) =** RoA(96) – RoA(95)	...	**Δ1 (EPS) =** EPS(96) – EPS(95)
Δ2 (Size) = Size(97) – Size(96)	**Δ2 (RoA) =** RoA(97) – RoA(96)	...	**Δ2 (EPS) =** EPS(97) – EPS(96)

کدبندی با الگوریتم ژنتیک

در مقاله حاضر، ابتدا یک جمعیت اولیه تصادفی از کروموزوم ها را ایجاد می کنیم که هریک می توانند بطور بالقوه یک پاسخ برای مسئله باشند. لذا یک بردار متشکل از مقادیر دودویی برای نمایش کروموزومها تعریف می کنیم که تعداد عناصر آن برابر با تعداد شاخص‌های موثر محاسبه شده است، که در کار (خان و همکاران، ۲۰۱۷) استفاده

شده است. به ازای دلتای مثبت هر شاخص، مقدار ۱ در عنصر متناظر در بردار قرار می-گیرد و به ازای دلتای منفی مقدار ۰ قرار می‌گیرد تا تاثیر وزنی آن صفر شود. تابع برازش به ازای تمام کروموزوم های جمعیت اولیه محاسبه می‌شود. جهت محاسبه برازش لازم است به لحاظ فنی ضریب اهمیت هر شاخص در میزان سود هر سهم مشخص شود. لذا شاخص‌هایی که دارای دلتای مثبت هستند و افزایش آنها سبب افزایش سود سهم می‌شود (تابع برازش) بر حسب اهمیت ضرایب ۱+ تا ۴+ می‌گیرند و شاخص‌هایی که دارای دلتای مثبت هستند و افزایش آن‌ها سبب کاهش سود هر سهم می‌شود، ضریب ۱- می‌گیرند تا جمع جبری مقادیر وزنی هر شاخص، مقدار تابع برازش مربوط به هر کروموزوم را مشخص کند. شکل ۵ ساختار یک کروموزوم از جمعیت اولیه به همراه وزن ژن، و عدد برازش کروموزوم را نمایش می دهد.

	بازده حقوق صاحبان	بازده دارایی	سود عملیاتی	تغییرات فروش	قیمت/ درآمد	حجم معاملات روزانه	اندازه شرکت	بتا	نرخ تورم	بدهی/ حقوق صاحبان
کروموزوم:	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱
وزن:	۴	۴	۳	۳	۲	۲	۱	۱	-۱	-۱
برازش:۱۳	۴+	۴+	۳+	۰	۲+	۰	۰	۱+	۰	-۱

شکل ۵: ساختار یک کروموزوم از جمعیت اولیه

سپس ۸۰٪ از بهترین کروموزومهای جمعیت اولیه انتخاب می‌شوند تا در تولید نسل مشارکت کنند. از این جمعیت نخبه‌ی انتخاب شده، طی اجرای عملگر تقاطع، هر دو کروموزوم دو فرزند تولید می‌کنند که این فرزندان بطور بالقوه می‌توانند دارای برازش بالاتری نسبت به والدین خود باشند. همچنین ۱۰٪ از جمعیت اشتراکی والدین و فرزندان تولید شده توسط عملگر جهش تغییر می کنند. این تغییر تصادفی نیز می تواند

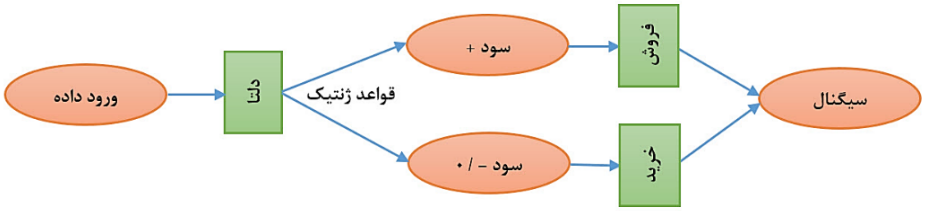
سبب تولید کروموزوم هایی با عدد برازش بالا شود. سپس از میان جمعیت اشتراکی حاصل از جمعیت اولیه، خروجی های عملگر تقاطع و خروجی های عملگر جهش، بهترین برازش ها به تعداد جمعیت اولیه انتخاب می شوند و این فرآیند تا رسیدن به شرط توقف ادامه می‌یابد. شرط توقف الگوریتم فعلی رسیدن به پنجاه تکرار، یا عدم تغییر در جمعیت مجموعه جواب در سه تکرار متوالی است. با اجرای الگوریتم ژنتیک با ساختار کروموزومی شکل ۵، کروموزوم هایی که پس از توقف الگوریتم دارای بیشترین عدد برازش هستند و مقدار سود هر سهم را افزایش می دهند بعنوان الگوهای معاملاتی موفق تفسیر شده و بصورت قانون معاملات در شبکه پتری رنگی تعریف می شوند. در صورت تحقق شرایط مشابه در داده های جدید، سیگنال فروش جهت دستیابی به سود بهینه صادر می شود. در نقطه مقابل، کروموزوم هایی که دارای عدد برازش ضعیف یا منفی هستند و مقدار سود هر سهم را کاهش می دهند بعنوان قوانین معاملات جهت تولید سیگنال خرید تفسیر شده و در شبکه پتری رنگی تعریف می شوند. داده های سهم جدید جهت تعیین سیگنال وارد شبکه پتری رنگی شده و پس از محاسبه مقادیر دلتا در شبکه پتری بر اساس قوانین معاملاتی استخراج شده از الگوریتم ژنتیک، سیگنال مناسب تولید می شود. بعنوان مثال قانون حاصل از کروموزوم شکل ۵ بصورت زیر است:

اگر *تغییرات اندازه شرکت منفی* **و** *تغییرات نسبت بدهی کل به حقوق صاحبان سهام مثبت* **و** *تغییرات بازده دارایی مثبت* **و** *تغییرات بازده حقوق صاحبان سهام مثبت* **و** *تغییرات فروش منفی* **و** *تغییرات سود عملیاتی مثبت* **و** *تغییرات نسبت قیمت به درآمد مثبت* **و** *تغییرات حجم میانگین معاملات روزانه نسبت به میانگین سرمایه گذاری سالانه بازار منفی* **و** *تغییرات نرخ تورم منفی* **و** *تغییرات عامل ریسک بتا مثبت باشد*، **آنگاه** *تغییرات سود هر سهم مثبت است.*

در نتیجه ی قانون معاملاتی فوق، **سیگنال فروش** تولید می شود.

ترکیب با شبکه‌های پتری رنگی

قوانین معاملات بهینه در بخش ۳-۳ استخراج شد. در این بخش مدل شبکه پتری رنگی پیشنهادی تحقیق حاضر برای تولید سیگنال خرید/فروش طراحی می شود. طرح مفهومی مدل شبکه پتری رنگی تحقیق حاضر را در شکل ۶ مشاهده می کنید.



شکل ۶: مدل مفهومی شبکه پتری رنگی تحقیق حاضر

داده های ورودی سهام به صورت مهره در مکان ورود داده وارد می شود. هر مهره ویژگیها و مقادیر هر ویژگی مربوط به سهم نظیر اندازه شرکت، بازده دارایی و غیره را با خود در شبکه حمل می کند. با اجرای انتقال دلتا، تابع محاسبه ی مقادیر دلتا که به زبان مارک آپ نوشته شده، فراخوانی می شود و مهره های حامل ویژگی ها و مقادیر منطبق بر الگوهای قواعد معاملاتی که از الگوریتم ژنتیک استخراج شده اند، به مکان سود+ می روند. چنانچه مهره منطبق بر الگوهای مزبور نباشد، به مکان سود۰/- منتقل می شود. سپس بر اساس مقدار تابع برازش به ازای هر مهره، سیگنال خرید یا فروش تولید می گردد. برای تعریف رنگی که بتواند ویژگی های مهره را حمل کند، یک مجموعه رنگ ضرب بصورت زیر تعریف می شود:

Color_set VALUE = product REAL*REAL*...*STRING*INT*REAL;

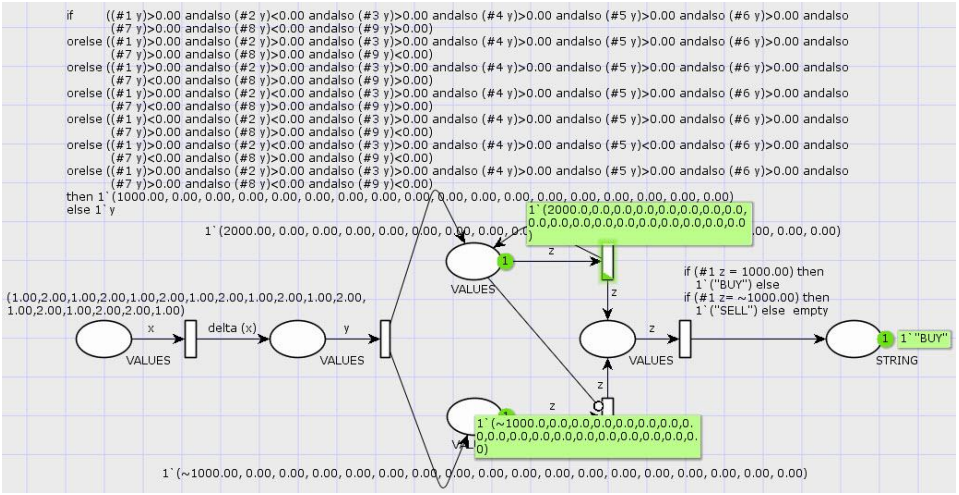
هر جفت مقدار که در رنگ تعریف می شود به ترتیب بیانگر مقدار ویژگی در ابتدا و در انتهای یک بازه زمانی خاص است که برای محاسبه دلتا به کار می رود. تعریف مجموعه رنگ و تابع دلتا در شکل ۷ نشان داده شده است.

```
colset VALUES= product
  REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*
  REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*
  REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*REAL*
  STRING*INT*REAL;
var stock,y,z: VALUES;
var status: STRING;
fun delta(x:VALUES)=
  let
  val y= ((#2 x)-(#1 x),(#4 x)-(#3 x),
          (#6 x)-(#5 x),(#8 x)-(#7 x),
          (#10 x)-(#9 x),(#12 x)-(#11 x),
          (#14 x)-(#13 x),(#16 x)-(#15 x),
          (#18 x)-(#17 x),0.00,0.00,0.00,
          0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
          #19 x, #20 x,#21 x)
  in y
  end;
```

شکل ۷: تعریف مجموعه رنگ و تابع محاسبه دلتا

۵- نتایج و ارزیابی

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در محیط متلب ۲۰۱۷ (Matlab R2017a) و شبیه سازی شبکه پتری رنگی در محیط سی پی ان تولز ۴ (CPN Tools 4) روی لپتاپ با پردازنده اینتل دو هسته ای با فرکانس ۲.۲ با سیستم عامل ویندوز ۱۰ اولتیمیت انجام شده است. مدل طراحی شده در نرم افزار سی پی ان تولز ۴ را در شکل ۸ مشاهده می کنید. مدل پیشنهادی مقاله حاضر را ۲۰ بار با ۵۰ نمونه داده های آزمایشی بازار سهام تغذیه کردیم. نتایج شبیه سازی که در جدول ۳ نمایش داده شده است، حاکی از آن است که مدل شبکه پتری رنگی به طور میانگین ۴۵.۲ سهم از ۵۰ سهم را به درستی دسته بندی کرده و سیگنال متناسب تولید نموده است. در حالیکه نتایج آزمایشات مشابه روی شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی به ترتیب میانگین ۴۱.۳۵، ۴۳.۱۵ و ۴۲.۴ دسته بندی صحیح را نشان می دهند. نتایج بدست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است که بیانگر برتری روش پیشنهادی مقاله حاضر نسبت به سایر روش ها با صحت عملکرد ۹۰.۴ ٪ است.



شکل ۸: مدل شبکه پتری رنگی در نرم افزار سی پی ان تولز ۴

۶- بحث و نتیجه‌گیری

بازار سهام یکی از علاقمندی های سرمایه گذاران برای افزایش سود حاصل از سرمایه گذاری و کاهش زیان های محتمل است. روشهای تصمیم یار که سرمایه گذاران را در اتخاذ تصمی برای خرید/فروش سهام یاری می کنند، عموما در دو رده قرار می گیرند: روشهای مبتنی بر تحلیل بنیادین که عموما قیمت سهام را پیش بینی می کنند؛ و روشهای تحلیل فنی که تلاش برای پیش بینی نقاط تغییر قیمت و روند سهام دارند. تغییرات قیمت در کوتاه مدت بدلیل تکرر ویژگیها و تغییرات آنها امری چالش برانگیز است. در حالیکه نقاط تغییر قیمت و روند سهام در کوتاه مدت دارای دوران ثبات طولانی تری هستند و در نتیجه تنوع و تکرر مقادیر تا حدودی کاهش می یابد. در این مقاله روشی ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و مدل رسمی شبکه های پتری رنگی بر اساس تحلیل روند و کشف نقاط تغییرات قیمت سهام ارائه شده است. روش ارائه شده از قابلیت‌های شبکه های پتری در محاسبات ریاضی و برنامه نویسی برخوردار است و از این رو لزوم تعامل زیاد با خبره انسانی را کاهش داده و ضمن مدیریت خودکار داده ها با

جدول ۳: مقایسه و ارزیابی

شماره	تعداد دسته بندی (سیگنال) درست از ۵۰ داده سهام			
	شبکه عصبی	درخت تصمیم	رگرسیون خطی	شبکه پتری
۱	۴۱	۳۷	۴۰	۴۲
۲	۳۷	۴۵	۴۳	۴۰
۳	۴۲	۴۷	۴۷	۴۸
۴	۴۵	۴۶	۴۰	۴۹
۵	۴۳	۴۰	۴۱	۴۱
۶	۴۰	۳۸	۳۹	۴۷
۷	۳۹	۴۶	۴۱	۴۲
۸	۴۶	۴۲	۴۳	۴۹
۹	۳۷	۴۷	۴۷	۴۶
۱۰	۴۲	۴۶	۴۶	۴۴
۱۱	۴۳	۴۶	۴۴	۴۵
۱۲	۴۰	۴۱	۴۱	۴۵
۱۳	۴۱	۴۰	۳۸	۴۷
۱۴	۴۶	۴۸	۴۸	۴۲
۱۵	۴۰	۴۳	۴۵	۴۹
۱۶	۴۶	۴۵	۳۷	۴۴
۱۷	۴۱	۳۷	۴۲	۴۳
۱۸	۴۲	۴۸	۴۳	۴۹
۱۹	۴۰	۴۰	۳۵	۴۸
۲۰	۳۶	۴۱	۴۶	۴۴
میانگین	۴۱.۳۵	۴۳.۱۵	۴۲.۴	**۴۵.۲**
دقت	٪ ۸۲.۷۰	٪ ۸۶.۳۰	٪ ۸۴.۸	**٪ ۹۰.۴**

حجم زیاد، و افزایش دقت، کاهش هزینه خبره و تبعا کاهش خطای انسانی را نسبت به روشهای میتنی بر هوش مصنوعی نظیر تکنیک های داده کاوی و الگوریتم های فرا ابتکاری به همراه دارد. قوانین معاملات با اعمال الگوریتم ژنتیک روی داده های ۱۶۲ شرکت پذیرفته شده در بازار بورس تهران در بازه زمانی ۱ فروردین ۱۳۹۵ تا ۱ فروردین ۱۳۹۷ بصورت هفتگی استخراج شد و سپس در شبکه پتری تعریف شد. سپس داده های آزمایشی وارد شبکه شده و بر اساس قوانین جهت صدور سیگنال دسته بندی شدند. نتایج مدلسازی، شبیه سازی و ارزیابی ها بیانگر برتری روش پیشنهادی مقاله حاضر در مقایسه با روش های شبکه عصبی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی با دقت دسته بندی درست ۹۰.۴ ٪ است. در ادامه تحقیق حاضر بعنوان زمینه مطالعاتی آتی می توان با فازی سازی شرایط تصمیم گیری برای صدور سیگنال، افزایش هر چه بیشتر دقت را بررسی نمود.

فهرست منابع

Abu-Mostafa, Y. S., & Atiya, A. F. (1996). Introduction to financial forecasting. *Applied Intelligence*, *6*(3), 205-213.

Chang, P. C., Fan, C. Y., & Liu, C. H. (2008). Integrating a piecewise linear representation method and a neural network model for stock trading points prediction. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, *39*(1), 80-92.

Chang, P. C., Liao, T. W., Lin, J. J., & Fan, C. Y. (2011). A dynamic threshold decision system for stock trading signal detection. *Applied Soft Computing*, *11*(5), 3998-4010.

Chen, Y., & Hao, Y. (2018). Integrating principle component analysis and weighted support vector machine for stock trading signals prediction. *Neurocomputing*, *321*, 381-402.

Fallahpour, S., Gol Arazi, Gh. & Fotourehchian, N. (2013). Predicting movement of stock price trend using support vector machine based on genetic algorithm in Tehran Securities exchange. Financial researches, 15(2), pp. 269-288. (in Persian).

Fat, R., Mic, L., Kilyen, A. O., Santa, M. M., & Letia, T. S. (2016). Model and method for the stock market forecast. In *2016 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)* (pp. 1-5). IEEE.

Festa, P. (2014). A brief introduction to exact, approximation, and heuristic algorithms for solving hard combinatorial optimization problems. In *2014 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)* (pp. 1-20). IEEE.

Gharoie Ahangar, R., Yahyazadehfar, M. & Pournaghshban, H. (2010). The comparison of methods artificial neural network with linear regression using specific variables for prediction stock price in Tehran stock exchange. International journal of computer science and information security, 7(2). Pp. 38-46.

Holland, John H (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor.

Huang, Q., Kong, Z., Li, Y., Yang, J., & Li, X. (2018). Discovery of trading points based on Bayesian modeling of trading rules. *World Wide Web*, *21*(6), 1473-1490.

Jensen, K. (2013). *Coloured Petri nets: basic concepts, analysis methods and practical use* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.

Jothimani, D., & Yadav, S. S. (2019). Stock trading decisions using ensemble-based forecasting models: a study of the Indian stock market. *Journal of Banking and Financial Technology*, 1-17.

Khan, B. T., Javed, N., Hanif, A., & Raja, M. A. (2017). Evolving technical trading strategies using genetic algorithms: A case about Pakistan stock exchange. In *International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning* (pp. 335-344). Springer, Cham.

Lu, Z., Long, W., & Guo, Y. (2018). Extreme Market Prediction for Trading Signal with Deep Recurrent Neural Network. In *International Conference on Computational Science* (pp. 410-418). Springer, Cham.

Mabu, S., Hirasawa, K., Obayashi, M., & Kuremoto, T. (2013). Enhanced decision making mechanism of rule-based genetic network programming for creating stock trading signals. *Expert Systems with Applications*, *40*(16), 6311-6320.

Moradzadeh fard, M., Darabi, R. & Shah'alizadeh, R. (2014). Integrating artificial intelligence techniques for proposing stock price prediction model. *Financial accounting and Auditing researches*, 6(24), pp. 89-101. (in Persian).

Motameni, H. & Farzai, S. (2017). Petri nets, extensions and applications. *Olum-Rayaneh publication*, Babol. Iran.

Naik, N., & Mohan, B. R. (2019). Optimal Feature Selection of Technical Indicator and Stock Prediction Using Machine Learning Technique. In *International Conference on Emerging Technologies in Computer Engineering* (pp. 261-268). Springer, Singapore.

Peterson L. (1981). Petri net theory and the modeling of systems. *Prentice-Hall*.